

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): SHIMADA, et al.
Serial No.: Not yet assigned
Filed: June 24, 2003
Title: CONTROL APPARATUS FOR ELECTRIC RAILCAR
Group: Not yet assigned

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Honorable Commissioner of
Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

June 24, 2003

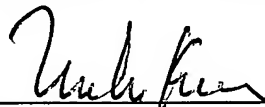
Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on Japanese Patent Application No.(s) 2002-188978, filed June 28, 2002.

A certified copy of said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP



Melvin Kraus
Registration No. 22,466

MK/alb
Attachment
(703) 312-6600

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 6月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-188978

[ST.10/C]:

[JP2002-188978]

出 願 人

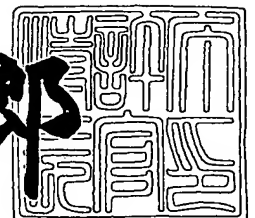
Applicant(s):

株式会社日立製作所

2003年 6月 6日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3044163

【書類名】 特許願
【整理番号】 A200933S
【提出日】 平成14年 6月28日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 B60L 7/14
【発明者】

【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会社日立
製作所 交通システム事業部 水戸交通システム本
部内

【氏名】 嶋田 基巳

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会社日立
製作所 交通システム事業部 水戸交通システム本
部内

【氏名】 堀江 哲

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100099302

【弁理士】

【氏名又は名称】 笹岡 茂

【電話番号】 03-3251-3824

【選任した代理人】

【識別番号】 100099298

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 修

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 018658

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電気車の制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電動機を駆動する電力変換器と、前記電動機の回転速度を検出する手段と、前記電動機の回転速度が所定値を下回った時点で前記電動機のトルクを所定の変化率で減少するように制御する前記電力変換器の制御手段を備えた電気車の制御装置において、

前記電動機の回転速度が減速中に所定速度以下の領域に達したとき、前記電動機のトルクは、前記電動機の回転速度が所定値に達した時点のトルク指令値よりも小さくなるように制御する手段と、前記電力変換器を構成するスイッチ素子を制御する際の P W M 信号を生成する搬送波周波数は、前記電動機の回転速度が所定値に達した時点の搬送波周波数よりも小さくするように制御する手段を有することを特徴とする電気車の制御装置。

【請求項 2】 電動機を駆動する電力変換器と、前記電動機の回転速度を検出する手段と、前記電動機の回転速度が所定値を下回った時点で前記電動機のトルクを所定の変化率で減少するように制御する前記電力変換器の制御手段を備えた電気車の制御装置において、

前記電動機の回転速度が減速中に所定速度以下の領域に達したとき、前記電動機のトルクは、前記電動機の回転速度が所定値に達した時点のトルク指令値よりも小さくなるように制御する手段を有することを特徴とする電気車の制御装置。

【請求項 3】 電動機を駆動する電力変換器と、前記電動機の回転速度を検出する手段と、前記電動機の回転速度が所定値を下回った時点で前記電動機のトルクを所定の変化率で減少するように制御する前記電力変換器の制御手段を備えた電気車の制御装置において、

前記電動機の回転速度が減速中に所定速度以下の領域に達したとき、前記電力変換器を構成する半導体素子を制御する際の P W M 信号を生成する搬送波周波数は、前記電動機の回転速度が所定値に達した時点の搬送波周波数よりも小さくするように制御する手段を有することを特徴とする電気車の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電気車の制御装置に係り、特に、電気ブレーキによって停止する電気車の制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

これまでの電気車のブレーキ制御方式の主流は、電気ブレーキと空気ブレーキを併用する「電・空ブレンディングブレーキ制御方式」である。この方式では速度が所定速度以下になると、回生（電気）ブレーキ力を徐々に立ち下げると同時に、代わりに停止までは空気ブレーキを徐々に立ち上げ、最終的に空気ブレーキのみで停止する。この電気ブレーキから空気ブレーキの切り換えを両者のブレーキ力の和が一定となるように制御することにより、停止まで略一定の減速力を維持する。

一方、最近の電気車で採用する例が多いブレーキ制御方式は、停止まで回生（電気）ブレーキが作用する「全電気ブレーキ終速制御（電気停止ブレーキ制御）」である。この方式では速度零付近でも高精度なトルク応答性が確保できるので、自動運転時の正確な停止位置制御の実現に極めて有効である。

この全電気ブレーキ終速制御（電気停止ブレーキ制御）の実現手法には、例えば特開2001-251701号公報に記述している電気車の制御装置がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

電・空ブレンディングブレーキ制御方式では、速度10km/h前後から回生（電気）ブレーキ力を徐々に立ち下げはじめ、少なくとも速度1km/hでは回生（電気）ブレーキ力を完全に零に立ち下げる。すなわち、速度1km/h未満の速度零近傍では回生（電気）ブレーキ力は完全に作用しない。

一方、全電気ブレーキ終速制御（電気停止ブレーキ制御）では、速度零近傍まで所望の回生（電気）ブレーキ力が作用し、速度零近傍から速度零に向けて急速に回生（電気）ブレーキ力を絞り込む。すなわち、速度1km/h未満の速度零近傍では、回生（電気）ブレーキ力が作用している。

最近の電気車の多くはPWMインバータ制御による電動機トルク制御を行っており、回生（電気）ブレーキ力動作時の速度零近傍におけるブレーキ力の有無を考えた場合、次のような課題が想定できる。

停止まで回生（電気）ブレーキが動作する場合、インバータ周波数ゼロ点を通して逆相ブレーキモード（後進／力行モード）に移る。このインバータ周波数ゼロ点通過時にU、V、W相のいずれかのスイッチング素子が高い通流率のままの状態となる電流集中が発生することがある。この電流集中による熱損失は、スイッチング素子の急激な温度上昇を招き、素子の経年劣化を促進や、条件によっては素子破壊に至る場合もあり得る。

【 0 0 0 4 】

本発明の課題は、電気ブレーキで停止する電気車の制御装置において、特に、PWMインバータ制御の動作周波数（インバータ周波数）が零点を通過する際のスイッチング素子の熱損失を最低限に抑え、停止するまで十分なブレーキ力を確保するに好適な電気車の制御装置を提供することにある。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、電動機の回転速度が所定値を下回った時点で電動機のトルクを所定の変化率で減少するように制御する電気車の制御装置において、電動機の回転速度が減速中に所定速度以下の領域に達したとき、電動機のトルクは、前記電動機の回転速度が所定値に達した時点のトルク指令値よりも小さくなるように制御する手段と、電力変換器を構成するスイッチ素子を制御する際のPWM信号を生成する搬送波周波数は、電動機の回転速度が所定値に達した時点の搬送波周波数よりも小さくするように制御する手段を有する。

【 0 0 0 6 】

本発明は、電気車の制御装置において、停止まで回生（電気）ブレーキが動作する場合は、インバータ周波数ゼロ点を通過する際のスイッチ素子の導通損失が素子に固有の性能限界内に収まるように予めスイッチング素子の電流量を低減する。また、インバータ周波数ゼロ点を通過する際のスイッチ素子のスイッチング損失が素子に固有の性能限界内に収まるように予めスイッチング素子を制御する

際のPWM信号を生成する搬送波周波数（キャリア周波数）を低減する。

【0007】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面を用いて説明する。

図1は、本発明の電気車の制御装置の第1の実施形態を示すブロック図である。

運転台1は、ブレーキ投入中だけオンするブレーキ指令フラグBを出力する。電流指令演算器2は、ブレーキ指令フラグBCF、後述の速度演算器3が出力する基準回転速度信号Frを入力として、励磁電流指令Idp、トルク電流指令(A) Iqp_aを出力する。電流リミッタ4は、ブレーキ指令フラグBCF、トルク電流指令(A) Iqp_aおよび後述のPWMインバータにより生成する交流電圧波形の基準周波数になるインバータ周波数Finvを入力として、トルク電流指令(A) Iqp_aに制限を加えたトルク電流指令(B) Iqp_bを出力する。ベクトル制御演算器5は、励磁電流指令Idpとトルク電流指令(B) Iqp_bと電流検出器6a、6b、6cによる電動機電流検出値iu、iv、iwおよび速度演算器3が出力する基準回転速度信号Frを入力として、インバータ出力電圧指令Vpおよび後述のPWMインバータにより生成する交流電圧波形の基準周波数であるインバータ周波数Finvを出力する。搬送波発生器8は、インバータ周波数Finvを入力として、インバータ出力電圧指令VpをPWM信号に変換するための搬送波CRWを出力する。PWM信号演算器8は、インバータ出力電圧指令Vpと搬送波CRWを入力として、PWMインバータ8の主回路を構成するスイッチング素子を駆動するゲート信号GPを演算する。PWMインバータ9は、直流電源10よりフィルタコンデンサ11を介して得られる直流電力を三相交流電力に変換してその電力を誘導電動機13に供給する。回転速度検出器13は、誘導電動機12の回転速度を検出し、速度演算器3において基準回転速度信号Frに変換する。

なお、図1ではPWMインバータで駆動する誘導電動機12とその回転速度を検出する回転速度検出器13は2組示しているが、これは誘導電動機12と回転速度検出器13の数を規定するものではなく、誘導電動機12、回転速度検出器

13が1組あるいは3組、4組・・・でも構成可能である。

【0008】

電流リミッタ4は、PWMインバータ8の主回路を構成するスイッチング素子動作時の熱損失が仕様限界を超過しないようにトルク電流指令(A) I_{qp_a} の最大値を制限する。これは、主にスイッチング素子に流入する電流値を制限することにより、素子が発生する導通損失を抑制することを目的とする。

このトルク電流指令(A) I_{qp_a} の制限値は、スイッチング素子の熱損失に対する許容値(仕様あるいは測定値)に基づいて予め導出する。また、トルク電流指令(A) I_{qp_a} は、特にインバータ周波数が零となる付近で制限する必要があり、インバータ周波数に応じて制限値を可変とするため、インバータ周波数に対するトルク電流指令(A) I_{qp_a} の制限値をテーブルとして与える。このテーブルに基づいてトルク電流指令(A) I_{qp_a} の最大値を制限するが、この制限は、ブレーキ動作中すなわちブレーキ指令フラグBCFがオンのときだけであり、ブレーキが動作していない力行時および惰行時にはトルク電流指令(A) I_{qp_a} は制限せずにそのままトルク電流指令(B) I_{qp_b} として出力する。

このトルク電流指令の制限により、ブレーキ力指令に応じた回生(電気)ブレーキ力が得られない場合が起こりうるが、ブレーキ力指令に対する回生(電気)ブレーキ力の不足分を空気ブレーキなどの機械ブレーキ装置により補足する制御とすれば、必要な減速力を確保できる。

【0009】

搬送波発生器7は、PWMインバータ8の主回路を構成するスイッチング素子動作時の熱損失が仕様限界を超過しないように、スイッチング素子を制御するPWM信号を生成する搬送波周波数(キャリア周波数)を通常時の周波数(搬送波周波数(A))に対して低減する(搬送波周波数(B))。これは、主にスイッチング素子のオン/オフの動作回数に応じて増加する素子のスイッチング損失を抑制することを目的とする。

この搬送波周波数の低減値である搬送波周波数(B)は、スイッチング素子の熱損失に対する許容値(仕様あるいは測定値)に基づいて予め導出するが、概ね

100～500Hzに設定することになる。また、この搬送波周波数の低減は、インバータ周波数が減速により零を通過する前に行う。このためインバータ周波数が所定値を下回ったことを検知する後述のインバータ周波数検知器19（図4）を設け、減速によりインバータ周波数が零を通過する前に確実に搬送波周波数を搬送波周波数（A）から搬送波周波数（B）に低減する。この搬送波周波数の低減は、ブレーキ動作中すなわちブレーキ指令フラグBCFがオンのときだけであり、力行時には搬送波周波数を低減しない。

【0010】

図2は、本実施形態における電流リミッタの機能を示すブロック図である。図2において、14はリミッタ、15はリミッタ値テーブル、16は選択器を示す。

トルク電流指令（A） I_{qp_a} の最大値は、電流リミッタ14により制限する。インバータ周波数 F_{inv} が F_{inv2} 以上のときリミッタ値は I_{qp2} 、インバータ周波数 F_{inv} が F_{inv1} 以下のときリミッタ値は I_{qp1} であり、インバータ周波数 F_{inv} が F_{inv2} から F_{inv1} に低下するに従い、リミッタ値を I_{qp2} から I_{qp1} に低減する。なお、インバータ周波数 F_{inv} の零点通過のスイッチング素子の導通損失を抑制するために、インバータ周波数 F_{inv} がゼロのときに電流リミッタ14のリミッタ値は I_{qp1} である必要があるため、 F_{inv1} はゼロよりも大きい値に設定する。

電流リミッタ14のリミッタ値は、リミッタ値テーブル15によりインバータ周波数 F_{inv} に基づいて決定する。電流リミッタ14の出力であるトルク電流指令（B） I_{qp_b} は、ブレーキ指令フラグBCFがオン（1）のときはブレーキ動作中として電流リミッタ14の出力値を、オフ（0）のときは力行中または惰行中としてトルク電流指令（A） I_{qp_a} をそのまま出力するように選択器16によりブレーキ指令フラグBCFに基づいて選択する。

【0011】

図3は、本実施形態における電流リミッタの入出力信号の時間的關係を示す波形図である。

ブレーキ指令フラグBCFのオン（1）により、トルク電流指令（A） I_{qp}

__a を必要ブレーキ力相当の電流値まで立ち上げる。インバータ周波数 F_{inv} が F_{inv2} から F_{inv1} の間に電流リミッタのリミッタ値は I_{qp2} から I_{qp1} へと徐々に減少するため、トルク電流指令 (B) I_{qp_b} はトルク電流指令 (A) I_{qp_a} をリミッタ値に従い制限した値として出力される。なお、インバータ周波数 F_{inv} の零点通過のスイッチング素子の導通損失を抑制するために、インバータ周波数 F_{inv} がゼロのときに電流リミッタ 14 のリミッタ値は I_{qp1} である必要があるため、 F_{inv1} はゼロよりも大きい値に設定する。

このトルク電流指令 (B) I_{qp_b} では、回生 (電気) ブレーキに必要なブレーキ力が得られないことになるが、ブレーキ力指令に対する回生 (電気) ブレーキ力の不足分を空気ブレーキなどの機械ブレーキ装置により補足する制御によって必要な減速力を確保する。

【0012】

本実施形態では、これらの構成により、電気ブレーキで停止する電気車の制御装置において、特に、PWMインバータ制御の動作周波数 (インバータ周波数) が零点を通過する際のトルク電流指令の最大値を制限し、スイッチング素子に流入する電流値を制限することにより、スイッチング素子の導通損失を抑制し、熱損失を最低限に抑えることができ、停止するまで十分なブレーキ力を確保できる電気車の制御装置を実現できる。

【0013】

図4は、本実施形態における搬送波発生器の機能を示すブロック図である。図4において、17は搬送波周波数 (A) 設定部、18は搬送波周波数 (B) 設定部、19はインバータ周波数検知部、20は論理積回路、21は選択器、22は搬送波発生部を示す。

搬送波周波数 (A) は、通常、回生 (電気) ブレーキ動作時の搬送波周波数であり、スイッチング素子の仕様、PWMインバータ制御の方式、インバータ電流の高調波成分などを考慮して総合的に決定する。ここで、搬送波周波数 (A) は、定数とは限らず、インバータの出力電圧指令に基づいて変化することがある。搬送波周波数 (B) は、スイッチング素子の熱損失に対する許容値 (仕様あるい

は測定値)に基づいて予め導出するが、概ね100~500Hzに設定することになる。

ブレーキ指令フラグBCFがオン(1)であり、かつ、インバータ周波数が F_{inv2} 以下であることをインバータ周波数検知器19で検知したとき、論理積回路20は、搬送波周波数低減フラグFCLをオン(1)出力し、選択器21を搬送波周波数(A)から搬送波周波数(B)に切り換える。この搬送波周波数(B)に基づいて搬送波発生部22はブレーキ指令フラグBCFがオンの期間中に搬送波CRWを発生する。

【0014】

図5は、本実施形態における搬送波発生器の入出力信号の時間的關係を示す波形図である。

ブレーキ指令フラグBCFがオン(1)したとき、インバータ周波数 F_{inv} が F_{inv2} 以上であれば、搬送波周波数は搬送波周波数(A)である。減速によりインバータ周波数 F_{inv} が F_{inv1} に達したとき、搬送波周波数低減フラグFCLがオンになり、搬送波周波数は搬送波周波数(A)から搬送波周波数(B)に移行する。なお、搬送波周波数の低減は、インバータ周波数がゼロになる前に完了する必要があるため、 F_{inv1} はゼロよりも大きい値に設定する。

【0015】

本実施形態では、これらの構成により、電気ブレーキで停止する電気車の制御装置において、特に、PWMインバータ制御の動作周波数(インバータ周波数)が零点を通過する際の搬送波周波数を低減することにより、スイッチング素子のオン/オフの動作回数に応じて増加する素子のスイッチング損失を抑制し、熱損失を最低限に抑えることができ、停止するまで十分なブレーキ力を確保できる電気車の制御装置を実現できる。

【0016】

図6は、本発明の電気車の制御装置の第2の実施形態を示すブロック図である。

本実施形態は、図1に示す本発明の第1の実施形態と同じ構成であるが、本発明の第1の実施形態と異なるところは、搬送波発生器7では、PWMインバータ

制御の動作周波数（インバータ周波数）が零点を通過する際の搬送波周波数を搬送波周波数（A）から搬送波周波数（B）に低減することを行わないことにある。したがって、PWMインバータ8の主回路を構成するスイッチング素子のオン／オフ制御は、搬送波周波数（A）により行う。

一方、本実施形態では、図2、図3において説明したように、電流リミッタ14によってPWMインバータ制御の動作周波数（インバータ周波数）が零点を通過する際のトルク電流指令の最大値を制限し、スイッチング素子に流入する電流値を制限することは本発明の第1の実施形態と同様に実行する。

これにより、本実施形態でも、電気ブレーキで停止する電気車の制御装置において、特に、PWMインバータ制御の動作周波数（インバータ周波数）が零点を通過する際のスイッチング素子の導通損失を抑制し、熱損失を最低限に抑えることができ、停止するまで十分なブレーキ力を確保できる電気車の制御装置を実現できる。

【0017】

図7は、本発明の電気車の制御装置の第3の実施形態を示すブロック図である。

本実施形態は、図1に示す本発明の第1の実施形態とは電流リミッタ14を省いた点で異なり、その他は同一である。

一方、本実施形態では、図4、図5において説明したように、搬送波発生器7において、PWMインバータ制御の動作周波数（インバータ周波数）が零点を通過する際の搬送波周波数を搬送波周波数（A）から搬送波周波数（B）に低減することは本発明の第1の実施形態と同様に実行する。

これにより、本実施形態でも、電気ブレーキで停止する電気車の制御装置において、特に、PWMインバータ制御の動作周波数（インバータ周波数）が零点を通過する際の搬送波周波数を低減することにより、スイッチング素子のオン／オフの動作回数に応じて増加する素子のスイッチング損失を抑制し、熱損失を最低限に抑えることができ、停止するまで十分なブレーキ力を確保できる電気車の制御装置を実現できる。

【0018】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、電気ブレーキで停止する電気車の制御装置において、特に、PWMインバータ制御の動作周波数（インバータ周波数）が零点を通過する際のトルク電流指令の最大値を制限し、スイッチング素子に流入する電流値を制限することにより、スイッチング素子の導通損失を抑制し、熱損失を最低限に抑えることができ、停止するまで十分なブレーキ力を確保することができる電気車の制御装置を実現できる。

また、電気ブレーキで停止する電気車の制御装置において、特に、PWMインバータ制御の動作周波数（インバータ周波数）が零点を通過する際の搬送波周波数を低減することにより、スイッチング素子のオン／オフの動作回数に応じて増加する素子のスイッチング損失を抑制し、熱損失を最低限に抑えることができ、停止するまで十分なブレーキ力を確保することができる電気車の制御装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の電気車の制御装置の一実施形態を示すブロック図

【図 2】

本発明の電流リミッタの機能を示すブロック図

【図 3】

本発明の電流リミッタの入出力信号の時間的關係を示す波形図

【図 4】

本発明の搬送波発生器の機能を示すブロック図

【図 5】

本発明の搬送波発生器の入出力信号の時間的關係を示す波形図

【図 6】

本発明の第 2 の実施形態を示すブロック図

【図 7】

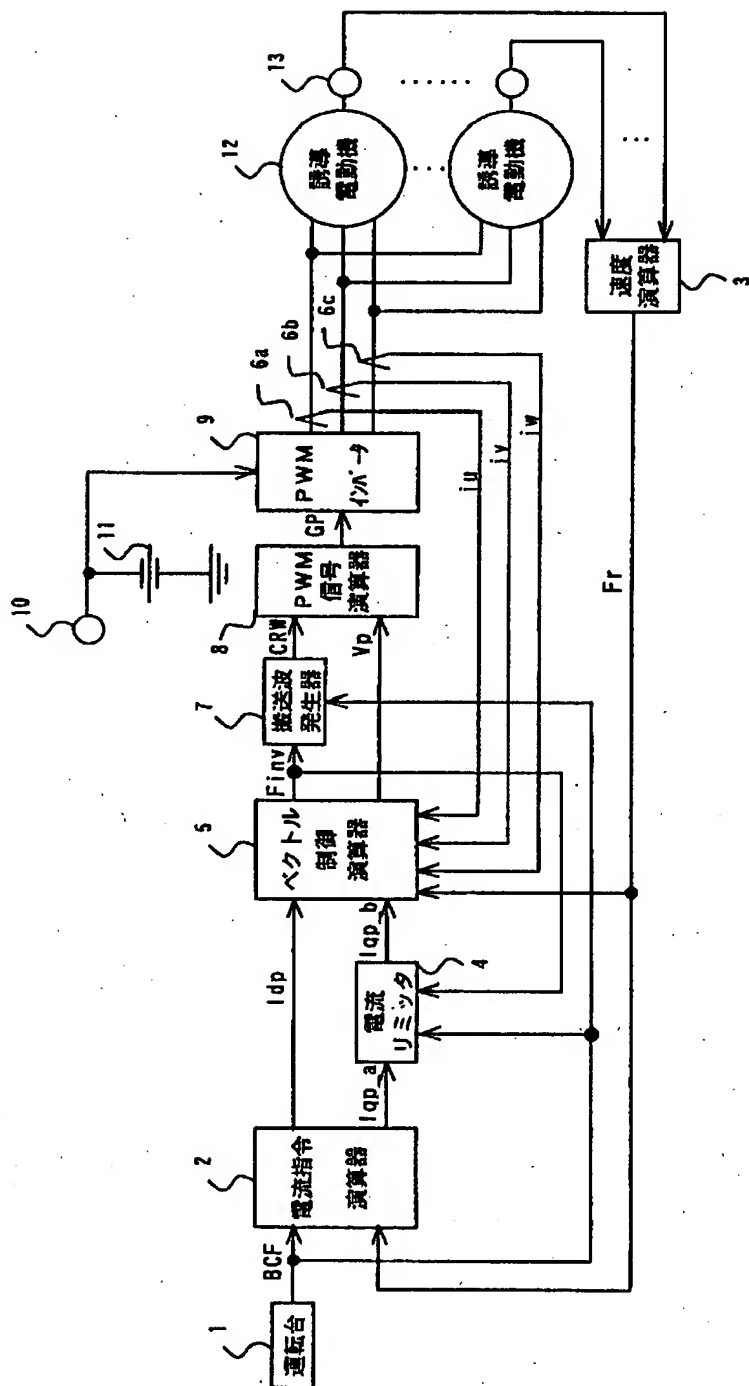
本発明の第 3 の実施形態を示すブロック図

【符号の説明】

1…運転台、2…電流指令演算器、3…速度演算器、4…電流リミッタ、5…ベクトル制御演算器、7…搬送波発生器、8…PWM信号演算器、9…PWMインバータ、10…直流電源、11…フィルタコンデンサ、12…誘導電動機、13…速度検出器、14…リミッタ、15…リミッタ値テーブル、16…選択器、17…搬送波周波数(A)設定部、18…搬送波周波数(B)設定部、19…インバータ周波数検知部、20…論理積回路、21…選択器、22…搬送波発生部

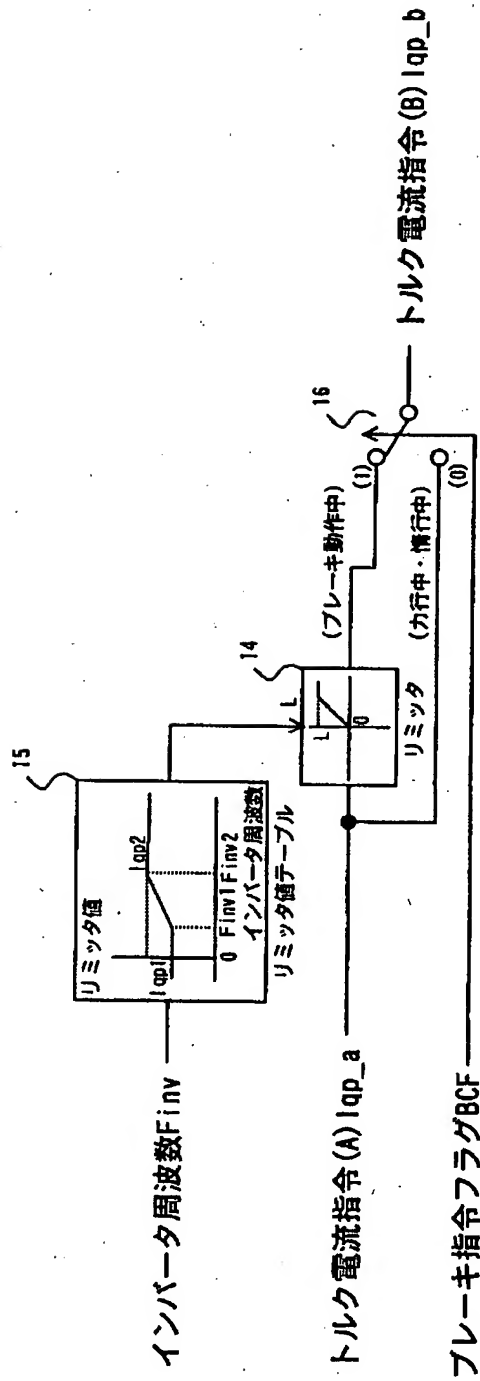
【書類名】 図面

【図1】



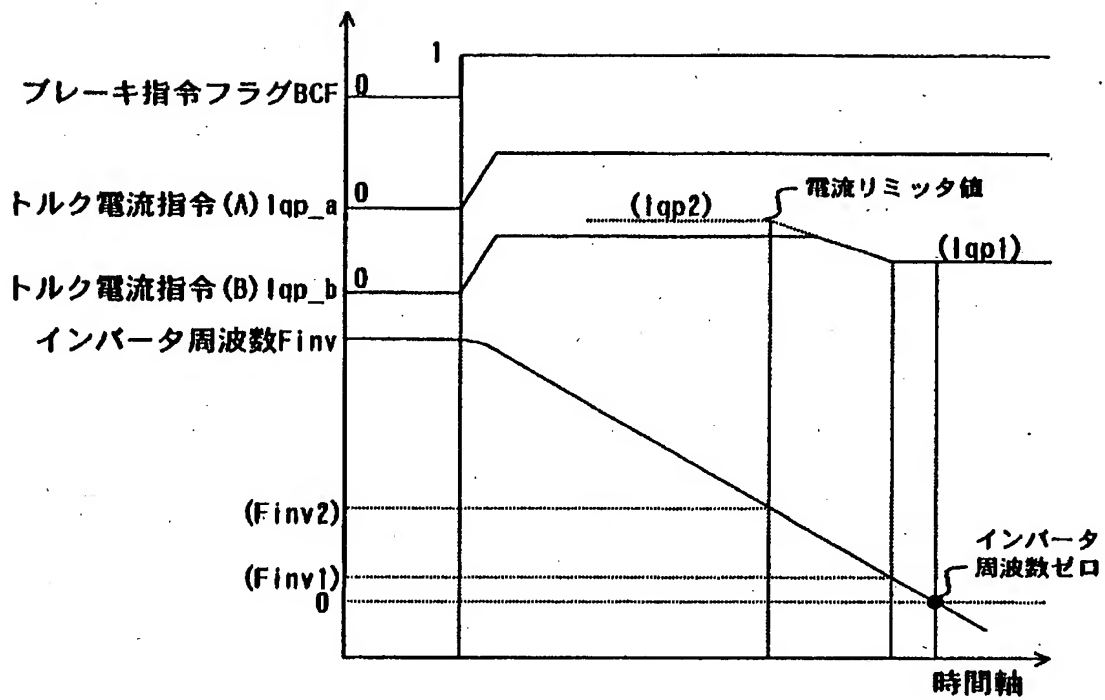
【図1】

【図2】

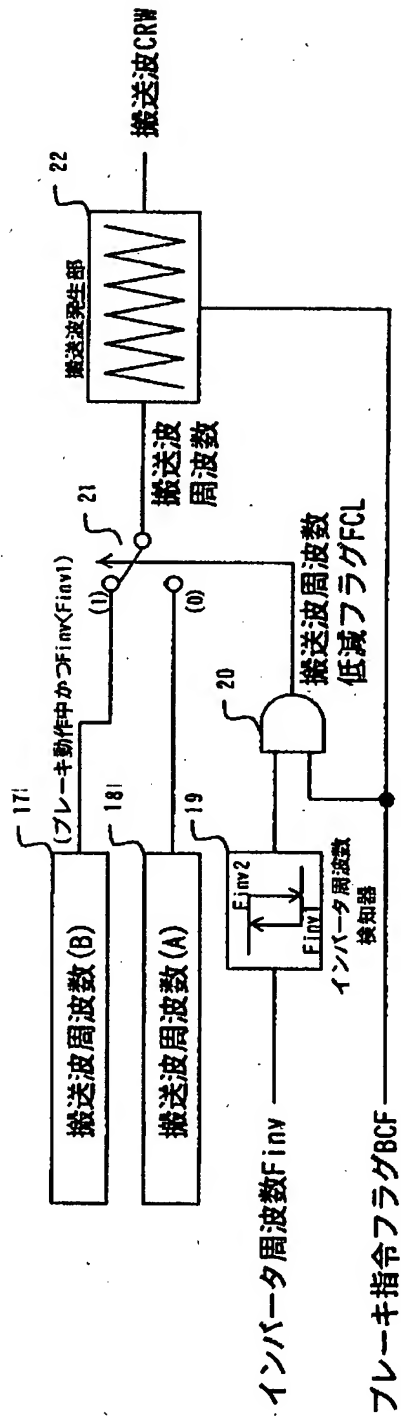


【図3】

【図3】

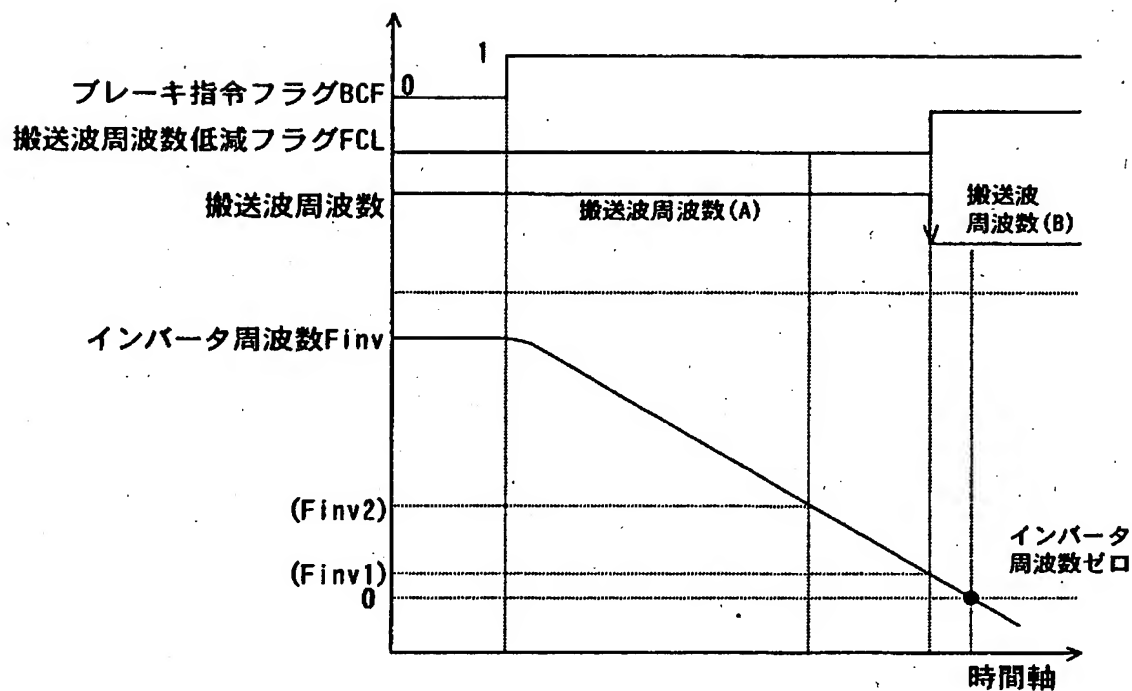


【図4】

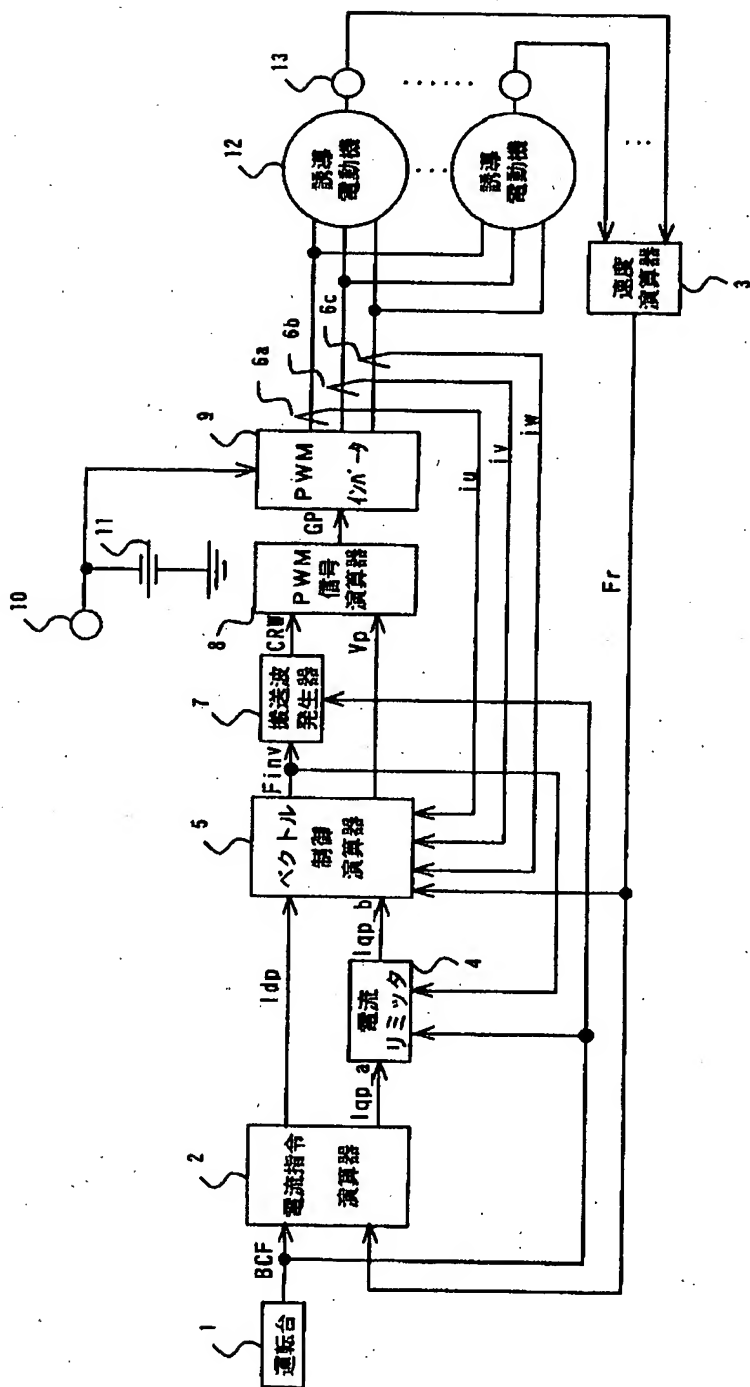


【図5】

【図5】

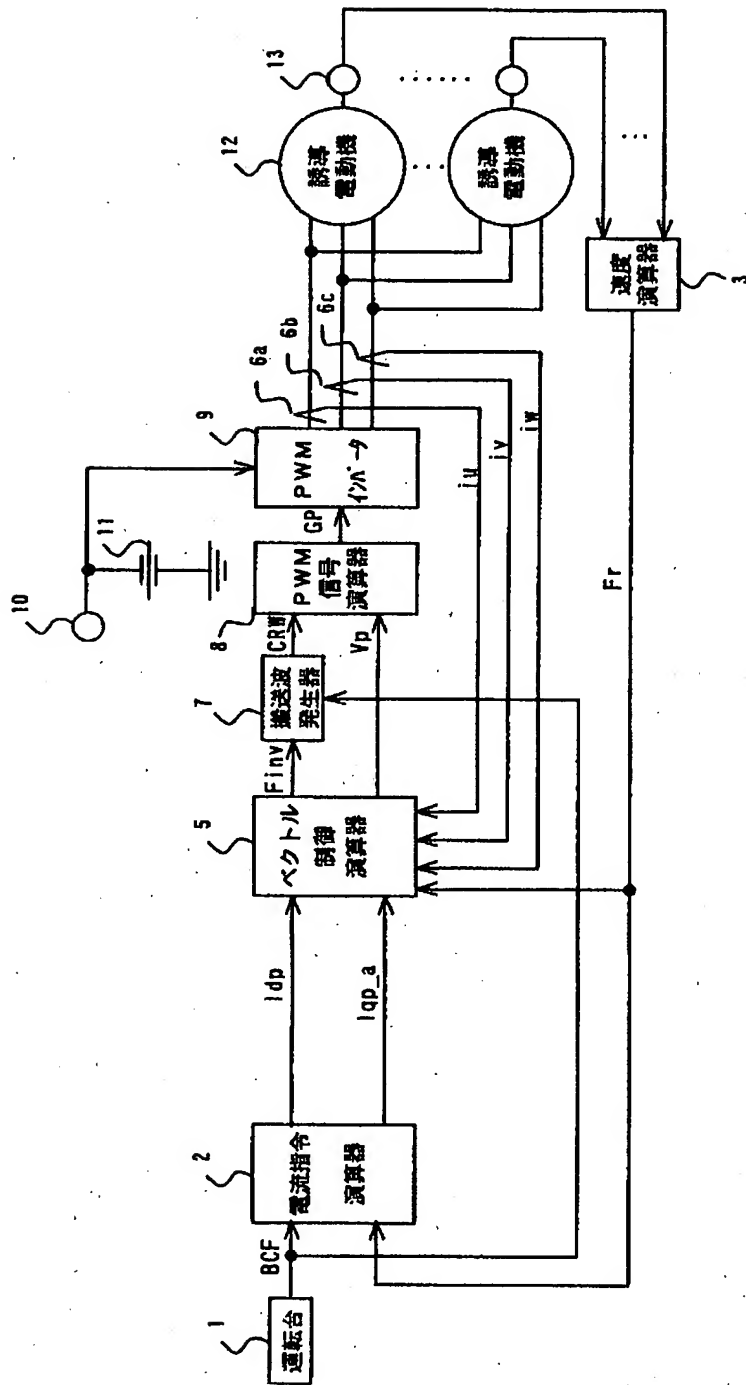


【図6】



【図6】

【図7】



【図7】

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 P W Mインバータ制御の動作周波数（インバータ周波数）が零点を通過する際のスイッチング素子の熱損失を最低限に抑え、電気車が停止するまで十分なブレーキ力を確保することにある。

【解決手段】 電動機 1 2 の回転速度が所定値を下回った時点で電動機のトルクを所定の変化率で減少するように制御する電気車の制御装置において、電流指令演算器 2 が出力するトルク電流指令（A） I_{qp_a} を制限する電流リミッタ 4 を設け、電動機の回転速度が減速中に所定速度以下の領域に達したとき、トルク電流指令は、その指令値よりも小さい指令値（B） I_{qp_b} になるように制限し、また、搬送波発生器 7 によって電力変換器 9 のスイッチ素子を制御する際の P W M信号を生成する搬送波周波数は、電動機の回転速度が所定値に達した時点の搬送波周波数よりも小さくするように制御する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名 株式会社日立製作所